فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی
سال سوم، شماره ۶، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۵۳-۲۹

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۴
ISSN:2538-4791 eISSN:2538-483X

بررسی تأثیر تکانه‌های بهره‌وری انرژی بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با رویکرد Panel-VAR

فرهاد رهبر | استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران
سجاد برخورداری * | استادیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران
پانیذ قره باغی دنیاداری | کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

مصرف انرژی نیروی محرکه رشد اقتصادی است. همچنین در کنار آن سبب انتشار گازهای آلاینده و آلودگی محیط‌زیست می‌گردد. نحوه مصرف انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان، توجه به شاخص‌های بهره‌وری انرژی را ضروری ساخته است. هدف این تحقیق، بررسی ارتباط بین انتشار دی‌اکسیدکربن و بهره‌وری انرژی به عنوان شاخصی از مصرف انرژی در کنار سایر عوامل توضیحی در بخش‌های اقتصادی ایران (صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی) طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۶ می‌باشد. به این منظور، الگوی چند متغیره‌ای شامل شدت انتشار دی‌اکسیدکربن، بهره‌وری انرژی، نیروی کار و سرمایه، رشد قیمت حامل‌های انرژی، ارزش افزوده بخشی و هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش‌های منتخب به کار گرفته شده و با استفاده از مدل‌های خودرگرسیون برداری با داده‌های ترکیبی، معنی‌داری اثر وقفه‌های هریک از متغیرها بر روی شدت انتشار دی‌اکسیدکربن آزمون شده است. همچنین با استفاده از توابع واکنش آنی و روش تجزیه واریانس، سهم تکانه‌های وارد بر هر متغیر در توضیح نوسانات متغیر دی‌اکسیدکربن در سه دوره زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت بررسی شده‌اند. نتایج این بررسی نشان داده است تکانه‌های بهره‌وری انرژی اثر معنی‌دار و کاهشی بر متغیر شدت انتشار کربن داشته است.

واژگان کلیدی: بهره‌وری انرژی، ارزش افزوده، شدت انتشار دی‌اکسیدکربن، مدل Panel-VAR .

طبقه‌بندی JEL: D۲۸، C۳۳، Q۵۱.

* نویسنده مسئول: barkhordari@ut.ac.ir

۱. مقدمه

پس از بروز تکانه‌های نفتی در دهه ۱۹۷۰، بررسی رابطه میان مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفت. پژوهش‌های محققان نشان داده است مصرف انرژی و رشد اقتصادی رابطه تنگاتنگی با هم دارند، به طوریکه انرژی به عنوان نیروی محرکه در بیشتر فعالیت‌های اقتصادی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و سطوح بالاتر فعالیت‌های اقتصادی نیازمند انرژی و مواد اولیه بیشتر می‌باشد. این پیشرفت، انتشار مقادیر بیشتری از مواد زائد نظیر گازها و مواد فرعی را نیز به همراه دارد و آنچه در این میان مهم است توجه به رشد اقتصادی در عین توجه به محیط زیست و تلاش برای کنترل و کاهش آلودگی است. تمامی این مسائل اقتصادی به همراه مسائلی نظیر محدودیت ذخایر انرژی، نگرانی‌های زیست‌محیطی و رشد اقتصادی مباحثی هستند که با گستردگی تمام، فکر اندیشمندان را در یافتن راهکارهای مناسب در حل مناسب معضلات انرژی جهان به ویژه بحران‌های زیست‌محیطی به خود مشغول داشته است.[۱]

در ایران نیز مسائل و مشکلات موجود در بخش انرژی کشور و مقایسه نحوه مصرف انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان، توجه به شاخص‌های بهره‌وری انرژی را ضروری ساخته است. بر اساس ترازنامه انرژی در سال ۱۳۹۴، شدت مصرف نهایی انرژی در ایران بر اساس معیار برابری قدرت خرید، ۱/۵ برابر متوسط جهانی بوده است. همچنین در سال مذکور شاخص سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش‌های کشاورزی، خانگی و عمومی و تجاری، حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب ۳/۳، ۱/۹، ۱/۷ و ۱/۵ برابر متوسط جهانی است.[۲] این آمارها نشان می‌دهد که مصرف انرژی در ایران بسیار بالاست که اغلب آلودگی محیط‌زیست و انتشار گازهای آلاینده را هم به همراه دارد.

در ماده ۷۹ قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران، اشاره شده است «در راستای ارتقای سهم بهره‌وری در رشد اقتصادی به یک سوم در پایان برنامه و به منظور ارزیابی و پایش بهره وری کلی عوامل تولید از جمله نیروی کار، سرمایه، انرژی، آب و خاک سازمان بهره‌وری ایجاد گردد. تمام دستگاه‌های اجرایی موظف هستند از سال دوم

---

۱. بهبودی و همکاران (۱۳۹۰)

۲. ترازنامه انرژی (۱۳۹۴)

برنامه تغییرات بهره‌وری و اثر آن بر رشد اقتصادی بخش خود را به طور مستمر منتشر نمایند و سیاست‌های اثرگذار بر بهره‌وری را شناسایی کنند». مسئله مهم این است که افزایش تولیدات اگرچه گامی برای رشد محسوب می شود اما زمانی که منابع کمیاب پایان پذیرد، رشد اقتصادی نیز متوقف می شود. از طرف دیگر حرکت در مسیر رشد بهره وری بدون شناسایی نقاط ضعف و تقویت آنها امکان‌پذیر نیست.[۱]

بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری انرژی و انتشار آلاینده‌ها، موضوع مطالعات خارجی و داخلی بسیاری بوده است و این بررسی‌ها کمک می کند تا عدم کارایی‌ها در فرآیند مصرف انرژی و به دنبال آن انتشار آلاینده‌ها دقیق‌تر شناسایی شوند. در ایران نیز به دلیل وجود منابع فراوان انرژی، محاسبه و بررسی روند شاخص بهره‌وری انرژی که نمایانگر نحوه مصرف انرژی است، اهمیت بیشتری پیدا می کند. زیرا علاوه بر مسئله پایان‌پذیری منابع طبیعی، مصرف نادرست انرژی، پیامدهای مخرب زیست‌محیطی را به دنبال دارد.

در تحقیق پیش رو نیز هدف، بررسی ارتباط میان متغیر بهره‌وری انرژی و میزان انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در بخش‌های منتخب اقتصاد ایران است. به همین منظور در بررسی میزان اثرگذاری بهره‌وری انرژی بر متغیر شدت دی‌اکسیدکربن، از متغیرهای توضیحی دیگری نیز در کنار متغیر بهره‌وری انرژی استفاده شد. نوآوری این مطالعه، وارد کردن شوک‌های بهره‌وری در قالب مدل و تحلیل آثار آنها بر انتشار آلاینده‌ها است. در بخش سوم این مطالعه پس از انتخاب متغیرهای توضیحی بر اساس پژوهش‌های تجربی و با به‌کارگیری الگوی خودرگرسیون برداری[۲]، نحوه اثرگذاری متغیر بهره‌وری انرژی و سایر متغیرهای توضیحی مدل رگرسیونی بر متغیر شدت دی‌اکسیدکربن آزمون شده است. همچنین در پایان با کمک روش تجزیه واریانس، اثرگذارترین متغیرها بر شدت انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره زمانی مورد بررسی در این تحقیق شناسایی شده‌اند و در بخش پایانی نتیجه گیری ارائه شده است. اما پیش از آن، مبانی نظری و تجربی مطرح شده از سوی پژوهشگران در حوزه مصرف انرژی و تأثیر آن بر محیط زیست در بخش دوم مرور شده است.

---

۱. شهیدی پور (۱۳۹۰)

2. Vector Autoregressive (VAR)

۲. بررسی مبانی نظری و تجربی

۲-۱. مبانی نظری

به منظور بررسی روابط نظری بین بهره‌وری و انتشا آلاینده‌ها نیاز است که ابتدا رابطه بین مصرف انرژی و آلاینده‌ها بررسی شود. در بررسی مبانی نظری ارتباط میان مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های مخرب محیط زیست، سه رویکرد توسط پژوهشگران مطرح شده است. اولین رویکرد در بررسی این رابطه، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس[1] است. سیمون کوزنتس در مطالعه خود در سال ۱۹۵۵ وجود رابطه‌ای به شکل U وارونه میان متغیرهای رشد اقتصادی و توزیع درآمد را بررسی کرده است. سپس در دهه ۱۹۹۰ فرضیه‌ای بر مبنای وجود چنین رابطه‌ای برای شاخص‌های تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه مطرح و اولین آزمون‌ها برای صحت این نظریه توسط گروسمن[2] و کروگر[3] (۱۹۹۱)، استرن[4] (۲۰۰۴) و دیندا[5] (۲۰۰۴) انجام شده است.

صنایع مختلف مقادیر متفاوتی از آلایندگی را به همراه دارند و ترکیب ستانده نیز در دوران مختلف رشد اقتصادی متفاوت است. بررسی مراحل توسعه نشان می‌دهد در مراحل اولیه این فرآیند، اقتصاد از کشاورزی محور بودن به سمت ایجاد صنایع سنگین با آلایندگی بالا حرکت کرد. در مراحل بعدی از صنایع منابع محور و سنگین به سمت خدمات محور و صنایع سبک با آلایندگی کمتر رفته است. تغییرات در ترکیب نهاده‌ها به تدریج موجب جایگزینی نهاده‌های پاک‌تر به جای انواع آلاینده تر شده است. برای مثال جایگزینی گاز طبیعی به جای زغال سنگ و یا جایگزینی زغال سنگ با درصد سولفور پایین تر به جای زغال سنگ با درصد سولفور بالا. ثابت بودن مقیاس تولید، ترکیب نهاده ها و تکنولوژی، ما را قادر به حرکت بر یک منحنی هم‌مقداری تولید در تابع تولید نئوکلاسیکی می کند.[6]

استرن بهره‌وری را لازمه پیشرفت تکنولوژی می‌داند. وی بهره‌وری را به معنای کاهش استفاده از نهاده‌های تولید آلاینده به شرط ثابت بودن سایر شرایط می‌داند. یک افزایش

---

1. Kuznetz
2. Grossman
3. Krueger
4. Stern
5. Dinda
6. Stern (2009)

عمومی در بهره وری کل موجب کاهش آلایندگی به ازای هر واحد تولید می‌شود، با اینکه این امر هدف نهایی تولید نیست. همچنین رشد اقتصادی به جای تهدید محیط‌زیست می تواند به بهبود کیفیت آن کمک کند. به تدریج که رشد اقتصادی باعث افزایش تولید کالاها می‌شود انگیزه حمایت از محیط زیست تقدم بیشتری پیدا می کند و سیاست گذاری در این زمینه با اهمیت می‌شود.[۱]

پانایوتو[۲] (۱۹۹۳) نیز رابطه میان توسعه اقتصادی و محیط زیست را چنین توصیف می کند: «مراحل بالاتر توسعه، تغییرات ساختاری در صنایع و خدمات مبتنی بر اطلاعات به همراه افزایش آگاهی ها در مورد مسائل زیست محیطی، پیشرفت تکنولوژی و افزایش تمایل به پرداخت در زمینه محیط زیست، تخریب کیفیت محیط زیست را به طور تدریجی کاهش می‌دهد.»

رویکرد دوم یافتن روابط علی میان متغیرهای رشد اقتصادی و مصرف انرژی است. استرن[۳] (۱۹۹۳) به نقل از آیرس[۴] و نایرن[۵] (۱۹۸۴) بیان می کند در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی مهم ترین عامل رشد اقتصادی است و نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه در به کارگیری انرژی هستند. وی همچنین به نقل از اقتصاددانان کلاسیک مانند برندت[۶] (۱۹۸۷) و دنیسون[۷] (۱۹۷۹، ۱۹۸۵) بیان می کند اثر انرژی بر تولید به واسطه نیروی کار و سرمایه صورت می گیرد، اما خود بر تولید تأثیری ندارد. پیندیک[۸] (۱۹۷۹) عقیده دارد اثر قیمت انرژی بر تولید به نقش انرژی در ساختار تولید بستگی دارد. وی عقیده دارد کاهش مصرف انرژی به دلیل افزایش در قیمت آن، موجب کاهش تولید می‌شود.

در این رویکرد رشد اقتصادی مستلزم مصرف بیشتر انرژی است و استفاده کارا از انرژی نیازمند رسیدن به مراحل بالاتری از توسعه اقتصادی است. به همین دلیل در این رویکرد، تبیین روابط علی به راحتی امکان پذیر نیست. مطالعات کرفت و کرفت[۹] (۱۹۷۸)،

---

۱. صدقیانی (۱۳۸۹)

2. Panayotou
3. Stern
4. Ayres
5. Nair
6. Brendt
7. Denison
8. Pindyek
9. Kraft and Kraft

مهرآرا[1] (۲۰۰۷)، نارایان[2] و همکاران (۲۰۰۸)، بلومی[3] (۲۰۰۹)، پائو (۲۰۰۹)، گوندر[4] و بارتلیت[5] (۲۰۱۰) از جمله مطالعاتی هستند که با کمک مدل‌های هم انباشتگی و علیت گرنجری سعی در تبیین این روابط داشته‌اند.

رویکرد سوم تلفیق دو رویکرد ذکر شده است به طوری که ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست را بررسی می کند (پائو[6]، ۲۰۰۹). مطالعات بسیاری نشان داده اند که مصرف انرژی اثر مستقیمی روی سطح آلودگی محیط زیست دارد. روابط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی که ابتدا نامشخص است نیز باید بررسی شود. بنابراین برای تخمین‌های دقیق تر لازم است دو رشته ارتباطی با هم بررسی شوند[7].

از عوامل مهمی که بر مصرف انرژی اثرگذارند نیروی کار و سرمایه هستند. استرن (۲۰۰۰) با در نظر گرفتن روابط جانشینی میان نهاده‌های نیروی کار و سرمایه روابط علی میان مصرف انرژی و درآمد را بررسی و عامل انرژی را اثرگذار بر بهره وری دو نهاده دیگر بیان کرد. بررسی‌های محققانی مانند ارول[8] (۱۹۹۵)، یو[9] (۱۹۸۷) و یو[10] و جین[11] (۱۹۹۲) نیز با هدف مطالعه اثرگذاری نیروی کار و سرمایه بر مصرف انرژی انجام شده است. لی[12] و چانگ[13] (۲۰۰۸) با لحاظ متغیر سرمایه در مدل مورد بررسی خود یک رابطه مثبت معنی‌داری را میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی برای تعداد از کشورهای آسیایی عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی نتیجه گیری کردند.

بررسی وانگ[14] (۲۰۱۳) نشان می‌دهد تکانه‌های وارد بر انرژی پویایی‌های بلندمدت بهره وری نیروی کار و بهره وری کل را به طور قابل توجهی متأثر می‌کند. جرگنسون[15]

---

1. Mehrara
2. Narayan
3. Bellumi
4. Gounder
5. Bartleet
6. Pao

۷. فطرس و معبودی (۱۳۹۰)

8. Erol
9. Yu
10. Yu
11. Jin
12. Lee
13. Chang
14. Wang
15. Jorgenson

(۱۹۸۴) نیز روابط متقابل میان قیمت‌های انرژی و رشد اقتصادی در چهارچوب سیکل‌های تجاری پس از بحران نفتی سال ۱۹۷۳ را آزمون می‌کند. رشد سریع اقتصادی موجب افزایش تقاضا برای انرژی و در نتیجه افزایش قیمت‌های انرژی می‌شود. به دنبال این افزایش شاهد کساد و کاهش تقاضا در بازار انرژی هستیم که موجب از سرگیری دوره بهبود در اقتصاد می‌شود. با استفاده از مدل‌های اقتصاد انرژی و رشد، نتایج مشابهی از بررسی استرن[1] (۲۰۱۰) حاصل شده است. در این بررسی سری‌های زمانی دو متغیر مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی هم انباشته هستند و رابطه علی از سوی مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی به شرط وجود سرمایه و سایر نهاده‌های تولید در مدل وجود دارد.

روژن[2] و وارن [3] اثر قیمت‌های انرژی بر توسعه اقتصادی و انتشار کربن را در قالب دو سناریوی اجرا و عدم اجرای سیاست‌های زیست محیطی بررسی کرده اند. در سناریوی اول یعنی عدم به کارگیری سیاست‌های زیست محیطی با افزایش قیمت انرژی، انتشار کربن به دلیل افزایش مصرف زغال سنگ افزایش می‌یابد.در سناریوی مخالف با افزایش قیمت انرژی افزایش تولید برق و استفاده از حامل‌های انرژی در بخش حمل و نقل موجب کاهش انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن می‌شود.

بررسی اثرگذاری پیشرفت تکنولوژی بر مصرف انرژی و انتشار آلاینده ها نیز موضوع مطالعات بسیاری بوده است. لیو چانگ[4] و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خود با استفاده از مدل پنل برای ۲۹ صنعت در کشور چین دریافته اند که افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه موجب بهبود کارایی در مصرف انرژی صنایع انرژی بر می‌شود. فیشر ـ واندن[5] و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند مهم ترین عوامل موثر بر شدت انرژی در کشور چین، قیمت انرژی هزینه‌های تحقیق و توسعه و ساختار صنعتی هستند. تنگ[6] (۲۰۰۶) در بررسی خود با تقسیم فعالیت‌های تحقیق و توسعه به سه گروه تحقیقات مستقل ورود تکنولوژی از سایر کشورها و انتقال در تکنولوژی داخلی تحقیق و توسعه مستقل را در کاهش مصرف انرژی صنایع انرژی بر موثر دانست اما در صنایع با انرژی بری پایین این اثر قابل توجه نیست.همچنین

1. Stern
2. Ruijven
3. Vuuren
4. Liu Chang
5. Fisher-Vanden
6. Teng

ورود تکنولوژی از سایر کشورها نیز اثر کاهنده بر مصرف انرژی خواهد داشت. در این بررسی انتقال در تکنولوژی داخلی نیز اثر معنی‌داری بر شدت انرژی در نمونه‌های مورد بررسی نداشته است.

در این بخش خلاصه‌ای از نظریات مطرح‌شده در خصوص ارتباط بین مصرف انرژی، کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی ارائه شد. در این تحقیق، رویکرد مورد استفاده رویکرد سوم است که نسبت به دو رویکرد قبلی جامعیت بیشتری دارد. همچنین در این تحقیق، از بین تمامی شاخص‌های مورد بررسی در حوزه مصرف انرژی، شاخص بهره‌وری انرژی به دلیل اهمیت بالای خود در انعکاس نحوه مصرف انرژی انتخاب شد. در ادامه مروری بر مطالعات خارجی و داخلی انجام‌شده توسط پژوهشگران صورت می‌گیرد.

۲-۲. مطالعات تجربی

اوه و لی[1] و لی (۲۰۰۴) با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری، رابطه علی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی را بررسی کردند. در این بررسی که با چهار متغیر تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی، نیروی کار و سرمایه انجام شد، نشان داده شد که رشد مصرف انرژی با جایگزینی نیروی کار و سرمایه همراه است. در بررسی روابط علی نیز علیت دوطرفه بین متغیرهای مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در بلندمدت و علیت یک طرفه از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی در بلندمدت وجود دارد.

یوسف و همکاران[2] (۲۰۱۳) با استفاده از توابع پاسخ آنی و مدل‌های خودرگرسیون برداری تأثیر شوک های مصرف انرژی الکتریکی حاصل از منابع تجدیدپذیر بر تولید ناخالص داخلی و انتشار آلاینده ها در کشور مالزی را بررسی کرده است. مطابق پیش بینی، شوک مثبت انرژی الکتریکی، اثر مثبت بر کیفیت محیط زیست خواهد داشت. با این حال افزایش تجهیزات سازگار با محیط زیست با متحمل کردن هزینه به تولیدکنندگان برق همراه است و تولید ناخالص داخلی را کاهش می‌دهد.

شهباز و لیتو[3] (۲۰۱۴) با کمک روش حداقل مربعات و تکنیک‌های سری‌های زمانی تعمیم یافته، همبستگی متغیرهای رشد اقتصادی، انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن و مصرف

---

1. Oh and Lee
2. Yussof, *et al*
3. Shabaz and Leita

انرژی تجدیدپذیر در کشور پرتغال در دوره ۱۹۷۰ـ۲۰۱۰ را آزمون کرده است. در این بررسی انتشار کربن، جهانی شدن و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر رابطه مثبت با رشد اقتصادی دارند. همچنین یک رابطه علی یک طرفه از مصرف انرژی های تجدیدپذیر به رشد اقتصادی وجود دارد.

چما[1] و همکاران (۲۰۱۵) با به کار بردن داده‌های ترکیبی هم‌انباشته و تکنیک‌های تصحیح خطای برداری رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انواع انرژی (زغال سنگ، نفت، الکتریسیته و انرژی های تجدیدپذیر)، رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست را برای کشورهای آسیایی در حال توسعه بررسی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده وجود یک رابطه پایدار بلندمدت میان متغیرهای یاد شده است و هریک از انواع انرژی ذکر شده دارای تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی بوده‌اند. به دلیل اثرات تخریبی کمتر انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به سایر انواع انرژی در پایان پیشنهاد شده است در مسیر رشد اقتصادی به کارگیری این انرژی‌ها، افزایش یابد.

اولگبنگا[2] و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر شوک هایی که بر سهم انرژی الکتریکی تجدیدپذیر از کل انرژی الکتریکی وارد می شود را بر رشد درآمد حقیقی و انتشار کربن در سه کشور آسیایی چین، ژاپن و هند برای سال های ۱۹۷۰ـ۲۰۱۱ آزمون کردند. در این مدل که از تحلیل خودرگرسیون برداری استفاده شده، نشان داده شد در حالیکه شوک‌های مثبت انرژی های تجدیدپذیر در کشور چین ممکن است در ابتدا و در کوتاه مدت موجب کاهش رشد اقتصادی شود، در بلندمدت افزایش رشد درآمد و کاهش انتشار آلاینده‌ها را در پی دارد. متغیر تولید ناخالص حقیقی در چین، ژاپن و هند به ترتیب ده، دوازده و نه سال پس از ایجاد شوک مثبت انرژی تجدیدپذیر به میزان تعادلی خود بازمی گردد. انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در کشورهای چین و ژاپن پس از ایجاد شوک مثبت انرژی تجدیدپذیر کاهش و در کشور هند افزایش یافته است. همچنین اثر این شوک بر انتشار دی اکسیدکربن در چین، ژاپن و هند به ترتیب پس از ۱۰، ۱۲، ۹ سال از بین می‌رود. یافته‌های این پژوهش با پژوهشی دیگر از ماسلیک[3] (۲۰۱۳) که نشان داد در کشور چین، شوک‌های تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر موجب کاهش رشد درآمد حقیقی و افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود در تضاد است.

---

1. Chema
2. Olugbenga
3. Maslyuk

در بررسی بیدی (۱۳۸۹) وجود علیت میان ارزش افزوده و انتشار دی اکسیدکربن در بخش صنعت ایران رد شده است و این بدین معناست که علت اصلی افزایش دی اکسیدکربن در ایران رشد صنعت نیست و مصرف انرژی عامل اصلی این پدیده است. یافتن علت این امر نیز نیازمند مطالعه در زمینه نحوه مصرف سوخت در سایر بخش‌های اقتصاد است.

برخورداری و همکاران (۱۳۹۰) با تجزیه عوامل موثر بر انتشار کربن سهم هریک از بخش‌های اقتصادی ایران را در انتشار آلاینده‌ها بررسی کردند. در یافته‌های این تحقیق شدت کربن سوخت های فسیلی و شدت انرژی مصرفی در بخش های خدمات و کشاورزی نقش مثبت در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی خود فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را برای ۱۳ کشور عضو اوپک در دوره ۲۰۰۸ـ۱۹۸۰ تأیید کردند. در این بررسی رابطه غیرخطی میان متغیر مصرف انرژی و درآمد سرانه تأیید شد. افزایش سهم صادرات و واردات صنعتی و ارزش افزوده بخش صنعت، کشش درآمدی و شدت استفاده از انرژی را به سرعت افزایش می دهد. برای بررسی دقیق تر این رابطه متغیرهایی نظیر نسبت کالاهای صادراتی به کل صادرات کالا، نسبت واردات صنعتی به کل واردات کالا و نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص هایی از کیفیت و عمق بخش صنعت وارد مدل شدند. در نتیجه این بررسی، صنعتی شدن موجب تسریع مصرف فزاینده انرژی در این کشورها شده است. طبق یافته‌های این بررسی، انرژی در کشورهای عضو اوپک یک کالای کم کشش است.

بنی اسدی و محسنی (۱۳۹۳) با به کارگیری روش بلانچارد ـ کوا[1] اثر شوک‌های موقت و دائمی بهره وری را بر شدت مصرف انرژی در ایران در دوره ۱۳۸۹-۱۳۵۳ بررسی کردند. نتایج نشان داد شوک‌های موقت بهره وری اثر کوتاه مدت بر شدت مصرف انرژی دارند اما در بلندمدت تأثیری بر این شاخص ندارند. همچنین بهره وری کل عوامل اثر منفی بر شاخص شدت مصرف انرژی دارد. در این بررسی نشان داده شد سرمایه گذاری در توسعه علم و تکنولوژی و افزایش سرمایه انسانی، موجب تغییر بهره‌وری دائمی می‌شود و از طریق رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بلند مدت، کاهش مصرف انرژی نیز صورت می گیرد.

میدانی ناجی و داودی (۱۳۹۳) با به کارگیری روش تجزیه، اثر مقیاس و فعالیت را بر انتشار کربن بخش حمل‌ونقل آزمون کردند. تغییر در ترکیب سوختی و شیوه حمل‌ونقل در

1. Blanchard-Quah

سال های مورد بررسی بیشترین اثر بر کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. همچنین اثر قیمتی پایین نشان می‌دهد قیمت پایین سوخت موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. در بخش حمل‌ونقل ریلی تکلیفی بودن نرخ‌های قیمتی انگیزه سرمایه‌گذاری را برای سرمایه‌گذاران سلب کرده است و نتیجه این امر فرسودگی زیربنایی، کاهش کارایی و افزایش انتشار ترکیبات مخرب است. در این بررسی، مدیریت ضعیف بخش حمل‌ونقل کشور، پایین بودن میزان بهره‌وری، گستردگی پدیده خودمالکی و ناکافی بودن شرکت‌های توانمند حمل‌ونقل جاده‌ای به عنوان چالش‌های بخش حمل‌ونقل معرفی شدند.

پدرام و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از داده‌های پنل در دوره سال‌های ۲۰۱۱ـ۲۰۰۰، برای منتخبی از کشورهای اوپک، اثر تکانه‌های اقتصادی بر رشد بهره‌وری انرژی را آزمون کردند. در این تحقیق متغیرهای شاخص قیمت انرژی، نسبت سرمایه‌گذاری خالص هر کشور از تولید ناخالص داخلی آن و سهم ارزش افزوده به عنوان عوامل اثرگذار بر بهره‌وری انرژی مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌های این بررسی نشان داد شاخص قیمت انرژی و سهم ارزش افزوده اثر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری انرژی دارد. همچنین نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص اثر منفی بر بهره وری انرژی دارد. روند صنعتی شدن در ایران موجب افزایش مصرف انرژی شده است و راهکارهای صرفه‌جویی اغلب هزینه‌بر هستند.

با توجه به اهمیت مسئله بهره‌وری انرژی، در این تحقیق نیز هدف بررسی میزان تأثیرگذاری این متغیر بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن است و به منظور بررسی این موضوع، از سایر متغیرهای توضیحی در کنار متغیر بهره‌وری انرژی استفاده شده است. پس از مرور منتخبی از پژوهش‌های صورت گرفته توسط محققان خارجی و داخلی،

۳. روش‌شناسی تحقیق

۱-۳. معرفی متغیرها و تخمین ضرایب مدل

روش پانل به دلیل استفاده از داده‌های سری زمانی و مقطعی دارای قدرت آماری بیشتری نسبت به هریک از روش‌های سری زمانی و مقطعی است، هرچند که در تجزیه و تحلیل داده‌های مقطعی دامنه آمار گسترده است، اما در بررسی داده‌های ترکیبی اطلاعات مورد استفاده به مراتب بیشتر است. در این روش به آمار و اطلاعات سری زمانی زیادی نیازی نیست، در عین حال مدل پانل پاسخگوی سؤالات بسیاری در زمینه رفتار متغیرها است.

تلفیق آمارهای سری زمانی و مقطعی اطلاعات سودمندی را برای تخمین مدل‌های اقتصادسنجی فراهم می‌آورد، همچنین بر مبنای نتایج به دست آمده می‌توان استنباط‌های سیاست‌گذاری درخور توجهی را به دست آورد[۱].

در جدول زیر متغیرهای مدل برای سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ به همراه ماخذ جمع‌آوری داده‌های آنها معرفی شده است. در این مطالعه بهره‌وری انرژی، رشد قیمت انرژی، بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری سرمایه، ارزش افزوده سرانه هریک از بخش‌های اقتصادی و هزینه‌های تحقیق و توسعه به عنوان عوامل موثر بر انتشار کربن در بخش‌های صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی در نظر گرفته شد.

جدول ۱. معرفی متغیرهای مدل

متغیر	نماد	شرح	ماخذ جمع آوری داده
دی‌اکسیدکربن سرانه	Co_2	میزان انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از بخش‌های منتخب به ازای یک واحد ارزش افزوده تولید شده در هر بخش	ترازنامه انرژی
بهره‌وری انرژی	*Ep*	شاخص بهره‌وری انرژی (بر اساس ارزش افزوده و مصارف انرژی) برحسب میلیون تن معادل نفت خام (سال پایه ۱۳۸۳)	سازمان بهره‌وری
قیمت انرژی	*Gprice*	رشد قیمت واقعی حامل‌های انرژی براساس شاخص قیمت خرده فروشی (CPI) (سال پایه ۱۳۸۳)	ترازنامه انرژی
بهره‌وری نیروی کار	*Lp*	شاخص بهره‌وری نیروی کار (بر اساس ارزش افزوده و تعداد شاغلان) (سال پایه ۱۳۸۳)	سازمان بهره‌وری
بهره‌وری سرمایه	*Kp*	شاخص بهره‌وری سرمایه (بر اساس ارزش‌افزوده و خدمات سرمایه) (سال پایه ۱۳۸۳)	سازمان بهره‌وری
ارزش افزوده	*Va*	ارزش افزوده سرانه بخش‌های منتخب	مرکز آمار
مخارج تحقیق و توسعه سرانه	*Tech*	هزینه‌های تحقیق و توسعه به ازای یک واحد ارزش افزوده	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۱. پایتختی و اکبری (۱۳۹۱)

آمار توصیفی داده‌های مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی داده‌های مورد استفاده در مدل مطالعه

شرح	دی‌اکسیدکربن سرانه	بهره‌وری انرژی	قیمت	درصد سوخت‌های فسیلی	بهره وری سرمایه	بهره وری نیروی کار	ارزش افزوده	هزینه‌های تحقیق و توسعه
میانگین	٤٣٤/٢٦	٩٤/٢٣	٤٢/٩٨	٠/٦٨١	٩٦/٠٩	١٠٦/٢٥	٢١٦٩/٧٢١	٢٣/٠٤
میانه	٢٨١/٤٤	٩٤/٧٢	٣٦/١	٠/٧٢	٩٣/٢٤	١٠٠/٠	١٨٠٨/٩١	٢٤/٤
حداکثر	١٠١٧/٤٧	١٢٧/١٥	٠/١٠٠	١/٠	١٩٩/٩٣	١٧١/٩٤	٤٧٧٣/٢٦	٣٥/٠
حداقل	٨٠/٣٦	٧١/٥	١٣/١	٠/١٣	٥٦/٨	٦٧/٩٤	٩٩٩/٨٣	١١/٢
انحراف معیار	٣٥١/٩٥	١٣/٣٨	٢٥/٩٧	٠/٢٧	٣٥/٣٣	٢٢/٩٤	٩٩٩/٨٤	٧/٥٥
چولگی	٠/٥٨	٠/٢٣	٠/٧٩	-٠/٣٧	١/٧٩	٠/٧٣	١/١٦	-٠/٢٠
کشیدگی	١/٦١	٢/٩٤	٢/٤٩١	١/٧٢	٥/٨٤	٣/٢١	٣/٢٥	١/٧
آماره جاک‌برا	٦/١٩	٠/٤٢	٥/١٦٦	٤/٠٧	٣٩/٢٧	٤/١٣	١٠/٢٤	٣/٤٤
احتمال	٠/٠٤٥	٠/٨١	٠/٠٧٥	٠/١٣	٠/٠	٠/١٢	٠/٠٠٥	٠/١٧
تعداد مشاهدات	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥

منبع: محاسبات مطالعه

قبل از برآورد مدل تجربی لازم است تا مانایی متغیرهای مدل بررسی شوند. اهمیت مانایی داده‌های اقتصادی از این جهت است که کلیه استنباط‌های آماری روی ضرایب به دست آمده از مدل رگرسیون بر مبنای فرض ساکن بودن متغیرها بنا شده است و در غیر اینصورت هیچ یک از استنباط‌های آماری معتبر نخواهد بود. تعداد زیادی از متغیرها ویژگی نامانا بودن را دارند و رگرسیون بین آن‌ها عموما ساختگی و جعلی است. بنابراین ابتدا باید آزمون‌های ریشه واحد برای تشخیص درجه هم انباشتگی متغیرها انجام شود.[۱] نتایج آزمون‌های *LLC*، *IPS*، *ADF* و فیشر بر روی متغیرهای مدل در جدول زیر نمایش داده شده است.

۱. سامتی و همکاران (۱۳۹۳)

جدول ۳. آزمون مانایی متغیرها در سطح

نام آزمون	شدت دی‌اکسیدکربن	بهره‌وری انرژی	رشد قیمت‌های انرژی	بهره‌وری نیروی کار	بهره‌وری سرمایه	ارزش افزوده	هرینه‌های تحقیق و توسعه
Levin, Lin and Chut	۰/۲۷ (۰/۶۰)	۲/۶۲ (۰/۹۹)	-۶/۱۲ (۰/۰۰)	۴/۷۹ (۱/۰۰)	-۱/۷۸ (۰/۰۳)	۱/۷۸ (۰/۹۶)	۲/۰۹ (۰/۰۱)
Im Pesaran & shin W-stat	۱/۳۵ (۰/۹۱)	۲/۷۸ (۰/۹۹)	-۴/۵۹ (۰/۰۰)	۵/۴ (۱/۰۰)	۰/۱۶ (۰/۴۳)	۲/۴۴ (۰/۹۹)	۰/۳۳ (۰/۶۳)
ADF-Fisher Chi square	۳/۶۱ (۰/۷۲)	۱/۱۷ (۰/۹۷)	۳۰/۰۱ (۰/۰۰)	۰/۰۹ (۱/۰۰)	۵/۲۱۶۱۷ (۰/۵۱)	۳/۳۶ (۰/۷۶)	۷/۲۹ (۰/۲۹)
PP- Fisher Chi square	۳/۷۹ (۰/۷۰)	۱/۱۶ (۰/۹۷)	۲۶/۱۳ (۰/۰۰)	۰/۰۲ (۱/۰۰)	۲/۹۷ (۰/۸۱)	۳/۳۶ (۰/۷۶)	۰/۸۴ (۰/۹۹)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

*اعداد داخل پارانتز مقدار احتمال هر آماره آزمون را نشان می‌دهد.

ملاحظه می‌شود تمامی متغیرها به جز متغیر رشد قیمت‌ها در سطح خطای ۱۰ درصد نامانا هستند و نیاز به بررسی تفاضل مرتبه اول آن‌ها است. نتایج حاصل از یک بار تفاضل‌گیری از متغیرها در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ٤. مانایی تفاضل مرتبه اول داده‌ها

نام آزمون	شدت دی‌اکسیدکربن	بهره‌وری انرژی	بهره‌وری نیروی کار	بهره‌وری سرمایه	ارزش افزوده	هزینه‌های تحقیق و توسعه
Levin, Lin and Chut	-٤/٧٦ (۰/۰۰)	۵/۳٦ (۰/۰۰)	۲/۰۹ (۰/۰۱)	-۲/۰۹ (۰/۰۱)	-٤/۹۹ (۰/۰۰)	-٤/٥٦ (۰/۰۰)
Im Pesaran and shin W-stat	-۳/۳۱ (۰/۰۰)	-٤/۱۱ (۰/۰۰)	-۲/۲۰ (۰/۰۱)	-۱/٦۱ (۰/۰۵)	-۲/۲۰ (۰/۰۰)	-٤/٥۲ (۰/۰۰)
ADF-Fisher Chi square	۲۱/۰۲ (۰/۰۰)	۲٦/۱٤ (۰/۰۰)	۱۸/۳٤ (۰/۰۰)	۱۲/۲۷ (۰/۰۵)	۲۰/۷۷ (۰/۰۰)	۲۸/٦۹ (۰/۰۰)
PP- Fisher Chi square	۲۲/۳۵ (۰/۰۰)	۳۲/۹۷ (۰/۰۰)	۲٤/۲۸ (۰/۰۰)	۱۲/٦۲ (۰/۰٤)	۲۷/۰۱ (۰/۰۰)	٥٦/٦٤ (۰/۰۰)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

*اعداد داخل پارانتز مقدار احتمال هر آماره آزمون را نشان می‌دهد.

وجـود مسـئله ریشـه واحـد در متغیرهـای مـدل امکـان اسـتفاده از روش‌هـای مرسـوم اقتصادسنجی را از بین می‌برد. در این حالت باید روش هم‌انباشتگی یا هم‌جمعی به کار برده شود. بررسی وجود روابط هم‌جمعی در داده‌های ترکیبی نیـز ماننـد داده‌هـای سـری زمـانی اهمیت دارد. زمانی که شواهدی مبنی بر وجود ریشـه واحـد در داده‌هـا وجـود داشـته باشـد برای جلوگیری از وقـوع رگرسـیون کـاذب و تعیـین رابطـه بلندمـدت روش هـم انباشـتگی می‌تواند مفید واقع شود. آزمون پدرونی و آزمون کائو از جمله آزمون‌هایی است که بـرای این منظور به کار می‌رود.[۱] قبل از بررسی بردارهای هم‌انباشتگی باید تعداد وقفـه‌هـای بهینـه مدل تعیین شود. در جدول زیر، ۴ آزمون از ۶ آزمون انجام شده ۲ وقفـه را بـه عنـوان وقفـه بهینه تعیین کرده‌اند.

جدول ۵. تعیین تعداد وقفه بهینه مدل

وقفه	*LogL*	*LR*	*FPE*	*AIC*	*SC*	*HQ*
۱	-۹۹۰/۷۶	*NA*	۴/۵۵E+۱۹	۶۲/۲۹	۶۲/۵۷	۶۲/۳۸
۲	-۷۰۷/۶۵	۴۲/۲۳	۹/۳۷E+۱۲	۴۶/۸۵	*۴۸/۷۷	۴۷/۴۹
۳	-۶۵۸/۶۰	*۲۴/۵۸	۵/۳۵E+۱۲	۴۶/۰۴	۴۹/۶۱	*۴۷/۲۲
۴	-۶۱۹/۲۰	۳۲/۰۲	۹/۴۲E+۱۲	*۴۵/۸۲	۵۱/۰۵	*۴۷/۵۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در مرحله بعد به دلیل متفاوت بودن درجه هـم‌انباشـتگی متغیرهـا، آزمـون هـم‌انباشـتگی برای متغیرهای مدل انجام شده است. با توجه به آماره آزمون کائو فرض صفر مبنی بر عـدم وجود هم‌انباشتگی در سطح خطای ۱۰ درصد رد مـی‌شـود، در واقـع متغیرهـا دارای روابـط بلندمدت هستند. بنـابراین مـی‌تـوان از توابـع واکـنش آنـی بـرای بررسـی اثـرات بلندمـدت متغیرهای مدل بر انتشار دی‌اکسیدکربن استفاده کرد.[۲]

---

۱. پایتختی و اکبری (۱۳۹۱)

۲. سامتی و همکاران (۱۳۹۱)

جدول ٦. نتیجه آزمون کائو

نام آزمون	آماره	احتمال
کائو	-۲/۴۷	۰/۰۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در این مطالعه از الگوی Panel Var برای تخمین ضرایب و استخراج توابع واکنش آنی استفاده شد. فرم کلی یک معادله خودرگرسیون برداری پنل به صورت زیر است:

$$X_{it} = rL\, X_{it} + U_i + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در این رابطه، X_{it} بردار متغیر وابسته، rL ماتریس چندجمله‌ای از وقفه متغیر وابسته به صورت $rL = r_1 L^1 + r_2 L^2 + \ldots + r_p L^p$ ، U_i بردار اثرات ثابت و ε_{it} بردار خطای ویژه است. در یک مدل پویا، تخمین‌زننده‌های اثرات ثابت سازگار نیستند، زیرا این اثرات به دلیل وقفه‌های متغیر وابسته، به رگرسورها وابسته هستند. به منظور رفع این مشکل، از روش انحراف متعامد (روش هلمرت) استفاده می‌شود.[1] اگر بردار متغیرها را به صورت زیر در نظر بگیریم:

$$X_{it} = (X_{it}^1 , X_{it}^2 , \ldots , X_{it}^m) \quad (۲)$$

که در آن میانگین مقادیر آتی $\overline{X}_{it}^m$ است و بردار خطاها نیز به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$\varepsilon_{it} = (\varepsilon_{it}^1 , \varepsilon_{it}^2 , \ldots , \varepsilon_{it}^m) \quad (۳)$$

که در آن $\bar{\varepsilon}_{it}^m$ میانگین مقادیر آتی ε_{it}^m است، در اینصورت فرم تعدیل‌یافته متغیرهای X و ε به شکل زیر است:

$$\tilde{X}_{it}^m = \delta_{it} (X_{it}^m - \overline{X}_{it}^m) \quad (۴)$$

$$\tilde{\varepsilon}_{it}^m = \delta_{it} (\varepsilon_{it}^m - \bar{\varepsilon}_{it}^m) \quad (۵)$$

که δ_{it} نیز برابر رابطه زیر است (رودمن[2]، ۲۰۰۹):

$$\delta_{it} = \sqrt{(T_i - t) / (T_i - t + 1)}$$

اعمال این تعدیلات در روش انحراف متعامد و بیان هر متغیر به صورت انحرافی از مشاهدات آینده، مشکل ناسازگاری در مدل را رفع می‌کند. یکی از خواص مدل‌های *Panel Var*، امکان استفاده از وقفه‌های متغیر وابسته به عنوان ابزار است که بر کارایی

1. Love and Zicchino (2006)
2. Roodman

مدل می‌افزاید. همچنین یکی از دلایل انتخاب این مدل‌ها این است که متغیرهای اقتصادی علاوه بر متغیرهای برون‌زا، از مقادیر با وقفه خودن نیز تأثیر می‌پذیرند.[۱] در اینصورت در مدل مورد بررسی در این تحقیق، معادله ضمنی مدل به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Co۲ = F(Va, Ep, Gprice, Lp, Kp, Tech) \quad (۶)$$

در آن $Co_۲$ متغیر شدت انتشار دی‌اکسیدکربن، Va متغیر ارزش افزوده سرانه هر بخش، Ep بهره‌وری انرژی، $Gprice$ متغیر رشد قیمت انرژی، Lp متغیر بهره‌وری انرژی، Kp متغیر بهره‌وری سرمایه و $Tech$ متغیر هزینه‌های تحقیق و توسعه است. پس از تخمین مدل با متغیرهای ذکر شده، مشخص شد تنها وقفه اول متغیر کربن دی اکسید، وقفه دوم متغیر بهره‌وری انرژی، وقفه اول و دوم متغیر بهره‌وری نیروی کار و وقفه‌های اول و دوم متغیر هزینه‌های تحقیق و توسعه در مدل معنی‌دار بوده‌اند. نتایج حاصل از تخمین معادله مدل در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۷. نتایج حاصل از تخمین مدل

$Co۲(-۱)$	۰/۹۶ [۴/۶۱]	$Lp(-۱)$	-۳/۴۱ [-۳/۳۲]
$Co۲(-۲)$	-۰/۰۱ [-۰/۰۵]	$Lp(-۲)$	۵/۰۳ [۴/۱۸]
$Ep(-۱)$	-۱/۷۰ [-۱/۷۴]	$Kp(-۱)$	۰/۴۸ [۰/۹۱]
$Ep(-۲)$	۲/۰۶ [۱/۸۶]	$Kp(-۲)$	-۰/۹۸ [۱/۴۶]
$Gprice(-۱)$	۰/۱۲ [۰/۰۹]	$Va(-۱)$	-۰/۰۹ [-۱/۰۳]
$Gprice(-۲)$	-۲/۱۷ [-۲/۱۸]	$Va(-۲)$	۰/۰۸ [۰/۸۲]
$Tech(-۱)$	-۲۳/۷۸ [-۳/۴۶]	$Tech(-۲)$	۲۱/۴۷ [۳/۳۸]
$R^۲$		۰/۹۹	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* اعداد داخل براکت، مقدار آماره آزمون را نشان می‌دهد.

۱. ورهرامی و همکاران (۱۳۹۵)

در الگوی خودرگرسیون برداری، معمولا مشکل می‌توان ضرایب برآورد شده را تفسیر کرد به ویژه زمانی که ضرایب با وقفه یک متغیر، تغییر علامت دهند. به همین منظور توابع واکنش ـ پاسخ برآورد می‌شود و بر اساس آن رفتار متغیرها در طول زمان بررسی می‌شود.[۱]

۲-۳. نتایج حاصل از توابع واکنش آنی

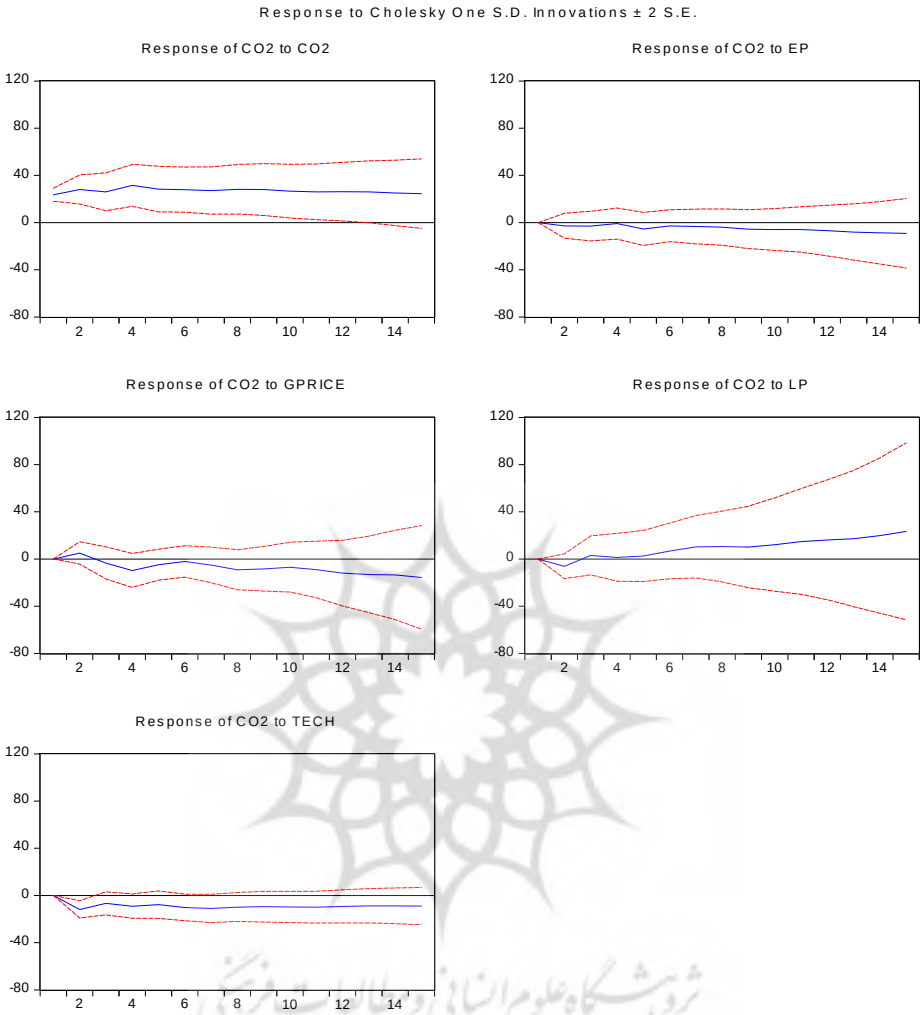
در این مرحله نتایج حاصل از توابع واکنش آنی ارائه می‌شوند. این توابع پاسخ‌هایی است که متغیر درون سیستم به تکانه‌های ناشی از خطاها می‌دهد و اثر یک واحد تکانه را به اندازه یک انحراف معیار بر روی مقادیر جاری و آینده متغیر درون‌زا مشخص می‌کند. در نمودارهای زیر اثر یک واحد تکانه هر یک از متغیرهای مدل بر متغیر شدت کربن نمایش داده شده است.

همانطور که نمودار نشان می‌دهد، تکانه بهره‌وری انرژی در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت اثر کاهشی بر متغیر شدت کربن دارد. همچنین تکانه وارد بر رشد قیمت فرآورده‌های نفتی تأثیر مثبتی بر کاهش شدت کربن در کل دوران مورد بررسی دارد و این خود به اهمیت این متغیر اشاره می کند. اثر تکانه وارد بر بهره‌وری نیروی کار در کوتاه مدت اثر کاهشی و سپس تا انتهای دوره تأثیر مثبت بر افزایش نوسانات متغیر شدت کربن دارد. همچنین تکانه وارد بر هزینه‌های تحقیق و توسعه در طول دوره مورد بررسی دارای اثر منفی بر انتشار شدت کربن است. در میان تمامی متغیرهای مورد بررسی، متغیر رشد قیمت‌های انرژی اثرگذارترین متغیر در دوره مورد بررسی این مطالعه بوده است.

پرتال جامع علوم انسانی

---

۱. عابدی و همکاران (۱۳۹۴)



نمودار شماره ۷: نتایج حاصل از توابع واکنش ـ پاسخ

ماخذ: یافته‌های تحقیق

۳-۳. نتایج حاصل از تجزیه واریانس

)Ç L• v, ö©, ôvô ‹ w™fiV' ‡öã ùô› zûŒùw™ÑÛvÅ ö©ûÎ–ÑÌ§ fwÍùv‡ „Í†å Éüv' ≠ ẁ ä ÍwÑÛ

„Lz, ôùv‡ Ë wŁ‰LfwœÉ£ w▼ vûzvù vü‹ ‡ùô ûÎ–ÑÌ Õ Í ùô, ö©ôvå ÍvÅ vûÍÎ–Éö≠ ùô ß ‡ù› Ív

ŸÂL• È LfÎz® ÎL~Ë wẁó § fwÍùv‡ „Lí†å Éwz)öLfŒÈL⁄ Ë ûÎ" ,üvöfivü‹ ‡ùô Ë w▼ûÎ–ÑÌ ûÍw▼

نوسانات هر متغیر در واکنش به تکانه‌های وارد شده به متغیرهای الگو تقسیم می‌شود. در این روش در دوره کوتاه‌مدت معمولا نوسانات توسط تکانه‌های خود آن متغیر توضیح داده می‌شود، اما در بلند مدت سهم سایر متغیرها در پیش‌بینی رفتار یک متغیر با توجه به درجه اهمیت آن‌ها افزایش می‌یابد.

جدول شماره ۷: نتایج حاصل از تجزیه واریانس متغیر شدت دی‌اکسیدکربن

دوره زمانی	شدت کربن	بهره‌وری انرژی	رشد قیمت‌های انرژی	بهره‌وری نیروی کار	هزینه‌های تحقیق و توسعه
۱	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
۲	۸۴/۴۳	۰/۴۸	۱/۶۳	۲/۴۱	۸/۸۶
۳	۸۵/۶۶	۰/۷۲	۱/۶	۲/۰۲	۷/۹
۴	۸۴/۸۱	۰/۴۹	۳/۷۵	۱/۳۹	۷/۵۷
۵	۸۴/۶۸	۱/۰۶	۳/۴۷	۱/۲۴	۷/۳۱
۶	۸۳/۵۲	۱/۰۱	۲/۹۲	۱/۸۴	۷/۹
۷	۸۱/۰۴	۱/۰۱	۲/۸۵	۳/۱۷	۸/۴۷
۸	۷۹/۰۸	۱/۰۶	۳/۴۹	۴/۱۲	۸/۴۵
۹	۷۷/۸۹	۱/۲۸	۳/۸۳	۴/۷۶	۸/۴
۱۰	۷۶/۵۷	۱/۴۹	۳/۹	۵/۷۵	۸/۴۴
۱۱	۷۴/۷۳	۱/۶۵	۴/۲۱	۷/۱۳	۸/۴۷
۱۲	۷۲/۶۶	۱/۸۶	۴/۹۴	۸/۵۲	۸/۳
۱۳	۷۰/۵۸	۲/۱۵	۵/۷۲	۹/۸۹	۸/۰۶
۱۴	۶۸/۲	۲/۴۶	۶/۴	۱۱/۵۹	۷/۸۴
۱۵	۶۵/۲۳	۲/۷۲	۷/۲۴	۱۳/۷۵	۷/۵۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت بیشترین متغیری که نوسانات شدت کربن را توضیح می‌دهد خود متغیر شدت کربن است و پس از آن، متغیر هزینه‌های تحقیق و توسعه سرانه و رشد قیمت‌های انرژی به ترتیب با ۷/۳ و ۳/۴۷ درصد پس از متغیر شدت کربن بیشترین سهم در توضیح نوسانات این متغیر را دارند. در دوره میان‌مدت و بلندمدت به

تدریج سهم متغیر شدت کربن در توضیح نوسانات این متغیر کاهش می‌یابد، به طوری که در پایان دوره میان‌مدت، هزینه‌های تحقیق و توسعه سرانه و بهره‌وری نیروی کار به ترتیب ۸/۴۴ و۵/۷۵ درصد از نوسانات شدت کربن را توضیح می‌دهند. همچنین در مراتب بعدی متغیرهای رشد قیمت فرآورده‌های نفتی و بهره‌وری انرژی بیشترین درصد توضیح‌دهندگی (نوسانات خطای متغیر شدت کربن) را به خود اختصاص داده‌اند. در بلندمدت نیز متغیرهای بهره‌وری نیروی کار، هزینه‌های تحقیق و توسعه سرانه و رشد قیمت‌های انرژی با به ترتیب ۷/۱۳،۵۸/۷۵ و ۷/۲۴ درصد سهم در نوسانات متغیر شدت کربن، متغیرهایی هستند که بیش از سایر متغیرهای مورد بررسی در نوسانات این متغیر نقش داشته‌اند.

٤. نتیجه‌گیری

پایان‌پذیری منابع فسیلی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف آن‌ها، بهینه‌سازی انرژی را به یک ضرورت تبدیل کرده است. اصلاح الگوی مصرف انرژی در کشور هم از سمت عرضه و هم از سمت تقاضا قابل بررسی است. چراکه وضعیت شاخص‌های انرژی در هریک از این بخش‌ها نشان‌دهنده عدم کارایی است.

در این تحقیق اثر تکانه‌های بهره‌وری انرژی بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در بخش‌های کشاورزی، صنعت و حمل‌ونقل طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور نخست وضعیت متغیرهای مدل به لحاظ مانایی مشخص شده و در مرحله بعد به دلیل تفاوت متغیرها در درجه هم‌انباشتگی، از آزمون کائو برای بررسی هم‌انباشتگی آنها استفاده شده است. نتایج حاصل از این آزمون وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای مدل را تأیید کرده است. پس از تخمین این مدل با روش خودرگرسیون برداری برای داده‌های تابلویی، مشخص شده است که تنها وقفه اول متغیر کربن دی اکسید، وقفه دوم متغیر بهره‌وری انرژی، وقفه اول و دوم متغیر بهره‌وری نیروی کار و وقفه‌های اول و دوم متغیر هزینه‌های تحقیق و توسعه در مدل معنی‌دار بوده‌اند.

نتایج حاصل از برآورد توابع واکنش آنی نشان داده‌اند متغیر بهره‌وری انرژی یک متغیر اثرگذار بر شدت انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های کشاورزی، صنعت و حمل‌ونقل است. به طوریکه تکانه مثبت وارد بر جزء خطای این متغیر موجب کاهش متغیر شدت کربن در دوره بلندمدت می‌شود. همچنین براساس نتایج به دست آمده از توابع واکنش ـ پاسخ، متغیر رشد قیمت‌های انرژی نیز بیشترین اثرگذاری را بر کاهش شدت کربن داشته است. بررسی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده است که در کوتاه‌مدت، موثرترین متغیرها در انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن، هزینه‌های تحقیق و توسعه و رشد قیمت‌های انرژی بوده‌اند ولی با گذشت زمان در دوره‌های میان‌مدت و بلندمدت، تأثیر این دو متغیر بر متغیر وابسته کاهش و تأثیر متغیرهای بهروری نیروی کار و هزینه‌های تحقیق و توسعه افزایش می‌یابد.

با توجه به نتایج این بررسی، اصلاح قیمت‌های انرژی که از ابزارهای اقتصادی بهینه‌سازی منابع انرژی است به تنهایی در کاهش میزان مصرف انرژی موثر نیست. همچنین این ابزار بدون آمادگی سیستم اقتصادی برای ارتقاء کارایی مصرف انرژی به هدف خود نمی‌رسد و لازم است در کنار سیاست‌های قیمتی اصلاح الگوی مصرف انرژی، سیاست‌های غیر قیمتی نظیر آموزش نیروی انسانی در زمینه مصرف صحیح انرژی در بخش‌های اقتصادی کشور نیز به کار گرفته شود. کلیه نهادهای دولتی و خصوصی نیز باید ملزم به ارائه آمار دقیق از نحوه مصرف انرژی و به کارگیری روش‌های کاهش اتلاف انرژی در واحدهای خود باشند و از تأثیر تحقیق و توسعه در بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحد خود غافل نشوند. در ادامه با توجه به یافته‌های این مطالعه، توصیه‌های سیاستی به منظور بهبود وضعیت مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران ارائه می‌گردد:

۱. اصلاح نظام قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی

۲. آموزش و رشد مهارت‌های نیروی انسانی در زمینه مفاهیم بهینه‌سازی مصرف انرژی

۳. سرمایه‌گذاری در جهت توسعهٔ به کارگیری تجهیزات جدید با تکنولوژی پاک به جای تجهیزات فرسوده و آلاینده

۴. حمایت از طرح‌های پژوهشی در زمینه افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش اتلاف آن

همچنین در پایان پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی سایر عوامل توضیحی موثر در انتشار آلاینده‌ها نظیر تغییر در ساختار مالکیت، آموزش همگانی در زمینه انرژی و میزان اثرگذاری قوانین و مقررات وضع شده در زمینه کاهش اتلاف انرژی بر مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرند.

منابع

برخورداری، سجاد و شرزه ای، غلامعلی و خلیلی عراقی، منصور (۱۳۹۰)، «تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران»، *محیط‌شناسی*، شماره ۶۱، صفحات ۱۰۴-۹۳.

برزگری صدقیانی، مجید (۱۳۹۰)، «رابطه بین مصرف انرژی، درآمد و انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن با تأکید بر تجارت خارجی در ایران»، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

بنی اسدی، مصطفی و محسنی، رضا (۱۳۹۳)، «اثر شوک‌های دائمی و موقت بهره‌وری بر شدت مصرف انرژی در ایران»، *فصلنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱۰، صفحات ۶۵-۴۱.

بهبودی، داود و کیانی، سیمین و ابراهیمی، سعید (۱۳۹۰)، «رابطه علی انتشار دی‌اکسیدکربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران»، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، شماره ۱، صفحات ۵۳-۳۳.

بیدی، لیلا (۱۳۹۲)، «انتشار دی‌اکسیدکربن ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد»، *دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران*.

پایتختی اسکویی، سیدعلی و طبقچی اکبری، لاله (۱۳۹۱)، «کاربرد داده‌های پانل در قالب یک مدل اقتصادسنجی در بخش انرژی»، *اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی، رویکردها و کاربردها*.

پدرام، مهدی و بصیرت، مهدی و امیری، مریم (۱۳۹۴) «بررسی اثرات تکانه‌های اقتصادی بر رشد بهره‌وری انرژی، مطالعه موردی کشورهای صادرکننده نفت ۲۰۱۱-۲۰۰۰»، *فصلنامه اقتصاد مالی و توسعه*، شماره ۳۳.

دهکردی مبینی، علی و حوری جعفری، حامد و حمیدی‌نژاد، عطیه (۱۳۸۸) «بررسی وضعیت شاخص‌های مدیریت انرژی در ایران و جهان»، *فصلنامه راهبرد*، شماره ۵۱، صفحات ۲۹۱-۲۷۱.

سامتی، مرتضی و صامتی، مجید و دهشیری، حسن ملااسمعیلی (۱۳۹۳)، « تحلیل نقش ساختار قانونی و امنیت حقوق مالکیت در جذب سرمایه گذاری مستقیم خارجی با رویکرد P-Var»، *مجله علمی ـ پژوهشی سیاست‌گذاری اقتصادی*، سال ششم، شماره دوازدهم، پاییز و زمستان.

شفیعی، سعیده و صبوری دیلمی، محمدحسین (۱۳۸۹)، «ضرورت بازنگری شیوه‌های تولید و مصرف انرژی در اقتصاد ایران»، *ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی*، شماره‌های ۱۱ و ۱۲، صفحات ۴۲-۲۱.

شهیدی پور، غلامرضا (۱۳۹۱)، «بررسی ارتباط بین انتشار گازهای آلاینده مصرف انرژی و ارزش افزوده در بخش‌های اقتصادی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، *دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران*

عابدی، سمانه و رحمانی دیزگاه، مهسا و زاهدیان، رقیه (۱۳۹۴)، «ارتباط میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی فسیلی و رشد اقتصادی در ایران»، سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، خرداد.

فطرس، محمدحسن و معبودی، رضا (۱۳۹۰)، «رشد اقتصادی مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران» *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، شماره ۱، صفحات ۲۱۱ـ۱۸۹.

مهرآرا، محسن و همکاران (۱۳۹۱)، رابطه مصرف انرژی و درآمد: آزمون فرضیه ریست محیطی کوزنتس با استفاده از مدل‌های رگرسیونی انتقال ملایم پانل، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۶۲، صص ۱۷۱-۱۹۴.

میدانی ناجی، علی اکبر و داودی، آزاده (۱۳۹۴)، «تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار کربن (دی‌اکسیدکربن و مونواکسیدکربن) در بخش‌های حمل‌ونقل و زیربخش‌های آن در ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ـ۱۳۷۸»، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، صفحات ۱۵۰ـ۱۱۷.

ورهرامی، ویدا و جواهردهی، سمانه و دشتبان فاروجی، سحر (۱۳۹۵)، «بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، توسعه بخش بانکی و متغیرهای کلان با استفاده از روش *Panel Var*، مطالعه موردی کشورهای گروه *D8*»، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۱۲، شماره ۴، زمستان صفحات ۶۵ـ ۳۹.

وزارت نفت، آموزش مدیریت انرژی

وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی، ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف

References

Agras J. and D. Chapman (1999) ,"A dynamic approach to the environmental Kuznets curve hypothesis", *Ecological economics* Vol. 28, No. 2, pp. 267-277

Chema, A. and Javid, A. (2015), "The Relationship between Disaggregate Energy Consumption, Economic Growth and Environment for Asian Developing Economies", *Pakistan Institute of Development Economics (PIDE), Working Papers*, No. 115.

Denison, Ef (1985),"Trends in american economic growth 1929-1982", Washington D.C: The Brookings Institution

https://data.worldbank.org/

IEA 2016vWorld Energy Outlook Paris France

Kraft, J. and Kraft, A. (1978)," On the relationship between energy and GNP", *Journal of Energy and Development*, No.3, pp.401–403

Love, I. and Zicchino, L. (2006), "Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from Panel VAR", *Quarterly Review of Economics and Finance*, No. 46(2), pp. 190-210.

Maslyuk, S. and Dharmaratna, D. (2013), "Renewable electricity generation, CO2 emissions and economic growth: Evidence from middle-income countries in Asia" *Estudios de Economia Aplicada*, No.31(1), pp. 217-244.

Noor, Z. Z., Yusuf, R. O., Abba, A. H., Hassan, M. A. A., & Din, M. F. M. (2013). An overview for energy recovery from municipal solid wastes (MSW) in Malaysia scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *20*, 378-384.

Olugbenga, A. and Onafowora, Oluwole Owoye (2015) , "Structural Vector Auto Regression Analysis of the Dynamic Effects of Shocks in Renewable Electricity Generation on Economic Output and Carbon Dioxide Emissions: China, India and Japan ", *International Journal of Energy Economics and Policy*, No.5(4), pp. 1022-1032

Oh, W., & Lee, K. (2004). Energy consumption and economic growth in Korea: testing the causality relation. *Journal of Policy Modeling*, *26*(8-9), 973-981.

Panayotou, T (2000), "Economic Growth and the environment", *Center for international development at Harvad university*, working Paper, No. 65.

Pao, H. T. (2009). Forecast of electricity consumption and economic growth in Taiwan by state space modeling. *Energy*, *34*(11), 1779-1791.

Pindyek, R.S (1979) ,"The structure of world energy demand", MIT Press

Roodman, D. (2009),"How to Do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata", *Stata Journal,No.* 9(1), pp.86-136.

Shahbaz, M., & LeitÃ, N. C. (2013). Portuguese carbon dioxide emissions and economic growth: a time series analysis. *Bulletin of Energy Economics (BEE)*, *1*(1), 1-7

Stern, David I (2004) ,"The rise and fall of environmental Kuznets curve", *World Development*, Vol. 32, No. 8, pp. 1419–1439.

Stern, D. I. (1993). Energy and economic growth in the USA: a multivariate approach. *Energy economics*, *15*(2), 137-150.

Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. *Energy economics*, *22*(2), 267-283.

Stern, D. I. (2010). The role of energy in economic growth. *USAEE-IAEE Working Paper*, (10-055).

Journal of Environmental and Natural Resource Economics
Volume 3, Number 6, Autumn 2019, pp. 29-53

ATU PRESS

Original Reserch

An Analysis of Energy Productivity Shocks on CO2 Emissions in the Main Economic Sectors of Iranian Economy with Panel-VAR Approach

Farhad Rahbar — Professor, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran

Sajjad Barkhordari[G] — Assistant Professor, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran

Paniz Garah Baghi Donyadari — Graduate Student in Economics, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the relationship between CO2 emissions and energy productivity as an index of energy consumption, alongside the other explanatory factors in Iranian economic sectors (industry, transportation and agriculture) in the period of 1376-1394. To achieve this objective, we have used a Panel-VAR multivariable model including the intensity of CO2 emissions, energy productivity, labor power and capital, energy carriers' price increase, sectoral value added, and the cost of research and development in selected sectors. This model is then used to test the effect of lagged variables on CO2 emissions. In addition, we have used the impulse-response approach to determine the share of shocks in changes of CO2 emission for the short, medium, and long-terms. The results indicate the shocks of energy productivity have negative and significant effect on the intensity of CO2 emissions.

Keywords: Energy Productivity, Value Added, Intensity of CO2, Panel-VAR Model.

JEL Classification: Q51, C33, D28.

* Corresponding Author: barkhordari@ut.ac.ir

eISSN: 2538-483X ISSN: 2538-4791 Received: 11/10/2018 Accepted: 14/05/2019